

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3907485 A1

⑳ Aktenzeichen: P 39 07 485.4
㉑ Anmeldetag: 8. 3. 89
㉒ Offenlegungstag: 20. 9. 90

㉓ Int. Cl. 5:
H 01 M 8/02

H 01 M 8/10
H 01 M 4/90
C 04 B 38/00
C 04 B 35/48
C 04 B 35/10
C 04 B 35/04
C 23 C 4/10

DE 3907485 A1

㉔ Anmelder:
Asea Brown Boveri AG, 6800 Mannheim, DE

㉕ Erfinder:
Rohr, Franz-Josef, Dr., 6941 Abtsteinach, DE

㉖ Brennstoffzellenanordnung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Brennstoffzellenanordnung (1) aufzuzeigen, bei der die Anzahl der Brennstoffzellen (10) den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt werden kann, und eine parallele oder serielle Verschaltung der Brennstoffzellen (10) auf einfache Weise möglich ist.

Erfindungsgemäß wird ein plattenförmiger Träger (2) aus einem porösen Material ausgebildet, der innen ein oder mehrere nach außen geöffnete Hohlräume (3) aufweist, und auf seinen Oberflächen mit Brennstoffzellen (10) versehen ist. Die elektrisch leitende Verbindung zwischen den Brennstoffzellen erfolgt durch elektrisch leitende Schichten (14), die bei der Ausbildung der Brennstoffzellen (10) auf dem Träger (2) mit aufgetragen werden. Mehrere solcher Brennstoffzellenanordnungen (1) können zu einem Modul (20) zusammengefaßt werden.

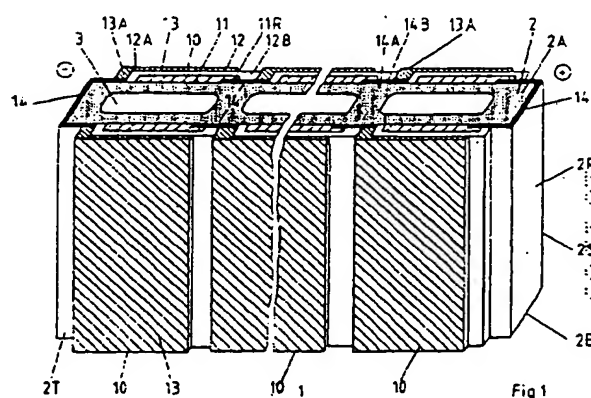


Fig 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 3907485 A1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennstoffzellenanordnung mit wenigstens einer Brennstoffzelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine solche Brennstoffzellenanordnung kann als elektrische Stromquelle genutzt werden.

Aus der Informationsschrift "High Temperature Fuel Cells, Solid Electrolytes", 1979, F. J. Rohr, ist eine keramische Brennstoffzelle mit sauerstoffionenleitendem Festelektrolyten sowie einer Anode und einer Kathode bekannt. Diese Einrichtung ermöglicht es, bei Temperaturen von mehr als 800°C die chemische Energie eines Brennstoffs z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas oder Wasserstoff durch elektrochemische Oxidation mit Sauerstoff direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Diese Energieumwandlung erfolgt mit einem Wirkungsgrad der größer ist als 50%. Die Energieumwandlung geschieht weitestgehend schadstofffrei. Die bekannte Einrichtung weist ein keramisches Trägerrohr auf, auf dessen Oberfläche übereinander dünne Schichten aufgetragen sind, die als Kathode, Festelektrolyt und Anode dienen. Ferner weist der Träger gasdichte dünne Streifen auf, die als elektrisch leitenden Verbindungselemente für die Serienschaltung von Brennstoffzellen vorgesehen sind. Beim Betrieb der Brennstoffzelle, deren Arbeitstemperatur bei 800 bis 1000°C liegt, wird durch das Innere des rohrförmigen Trägers Luft geleitet, während der gasförmige bzw. vergaste Brennstoff an der ganz außen liegenden Elektrode vorbeigeleitet wird. Die bekannte Brennstoffzelle erzeugt eine Leerlaufspannung von ca. 1 V. Zur Erzielung einer höheren Spannung werden deshalb mehrere Brennstoffzellen über die oben beschriebenen elektrisch leitenden Verbindungselemente miteinander verschaltet. Für den Aufbau größerer Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bspw. 25 kW, 100 kW oder 1 MW muß deshalb zunächst eine große Anzahl von einzelnen Brennstoffzellen hergestellt werden, die dann über eine Vielzahl von elektrisch leitenden Verbindungselementen aus Nickelfalz in Serie oder parallel zu schalten sind. Die verwendeten Nickelfalze weisen den Nachteil auf, daß sie bei 900 bis 1000°C im Langzeitbetrieb schrumpfen und eine Minderung des elektrischen Kontakts zwischen dem Brennstoffzellen und somit einen ohmschen Spannungsverlust bewirken.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennstoffzellenanordnung zu schaffen, bei der die Anzahl der Brennstoffzellen je nach Bedarf frei wählbar und eine serielle oder parallele Verschaltung der Brennstoffzellen auf einfache Weise möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Die als Träger verwendete Platte ist aus einem porösen keramischen Material gefertigt, das bei 1000°C einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 10 bis $11 \times 10^{-6} \text{ Grad}^{-1}$ aufweist, und dessen Porosität 35 bis 45% bezogen auf die theoretische Dichte des Werkstoffs beträgt. Vorzugsweise wird zur Fertigung der Platte stabilisiertes Zirkoniumoxid oder ein Magnesium-Aluminiumspinell verwendet. Jede Platte ist im Inneren mit mindestens einem Hohlraum versehen, der nach außen hin geöffnet ist. Vorzugsweise weist jede Platte mehrere solcher Hohlräume auf, die sich zwischen zwei parallel zueinander verlaufenden Seitenkanten der Platte erstrecken, in definiertem Abstand voneinander angeordnet und gegeneinander abgegrenzt sind. Erfindungsgemäß besteht die Möglichkeit, in die Trennwände der Hohlräume Kühleinrichtungen

zu integrieren. Die Trennwände der Hohlräume können beispielsweise auch direkt als Plattenkühler ausgebildet werden, so daß ein Wärmeaustausch zwischen einströmender kalter Luft und auströmender heißer Luft stattfinden kann. Auf den Oberflächen der Platte sind mehrere Brennstoffzellen angeordnet. Erfindungsgemäß sind die porösen Kathoden der Brennstoffzellen im Bereich der Hohlräume unmittelbar auf die Oberfläche der Platte aufgetragen. Die Abmessungen der Kathoden sind an die Länge und Breite der Hohlräume angepaßt. Die Kathode und die Anode zweier benachbarter Brennstoffzellen sind über eine elektrisch leitende Schicht miteinander verbunden, die aus einem gasdichten Material gefertigt und ebenfalls unmittelbar auf die Oberfläche der Platte aufgetragen ist. Die Dicke der elektrisch leitenden Schicht beträgt etwa 50 µm. Die Schicht wird vorzugsweise aus $\text{La}_{1-x}(\text{Sr})_x\text{CrO}_3$ oder $\text{LaMg}_x\text{Cr}_{1-x}\text{O}_3$ gefertigt. Zwischen der Anode und der Kathode eines jeden Brennstoffzellenelements ist ein Festelektrolyt in Form einer Schicht angeordnet. Diese ist auf die Kathode aufgetragen und überzieht diese flächendeckend. Auf der Oberfläche des Festelektrolyten ist die Anode bereichsweise angeordnet. Die den Festelektrolyten bildende Schicht 12 ist etwa 50 bis 100 µm dick und aus $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,08}$ gebildet. Sie ist mit einem ersten Randbereich auf die Platte aufgetragen, während der zweite Randbereich der Schicht auf der elektrisch leitenden Schicht angeordnet ist, welche die Brennstoffzelle, zu der der Festelektrolyt gehört, mit der benachbarten Brennstoffzelle verbindet. Die poröse Anode einer jeden Brennstoffzelle wird durch eine Schicht aus Ni-ZrO_2 -Cermet gebildet. Die Schicht weist eine Dicke zwischen 50 bis 100 µm auf und ist im wesentlichen auf die Oberfläche des Festelektrolyten aufgetragen. Ein Randbereich der Anode ist auf die elektrisch leitende Schicht aufgetragen, welche die Brennstoffzelle zu der die Anode gehört, mit der zweiten benachbarten Brennstoffzelle verbindet. Die als Träger für die Brennstoffzellen dienenden Platten werden mit einer Dicke von 5 bis 10 mm ausgebildet. Die Begrenzungswände der Platten weisen eine Dicke zwischen 1 und 2 mm auf. Die Plattenoberfläche kann 100 bis 10000 cm² betragen. Die Hohlräume, welche die Platte durchziehen, weisen eine Länge zwischen 10 und 100 cm auf und sind etwa 5 bis 20 mm breit. Erfindungsgemäß können mehrere mit Brennstoffzellen versehene Platten zu einem Modul zusammengefaßt werden. Eine hierfür vorgesehene Haltevorrichtung ist mit Vertiefungen ausgestattet, in welche die Platten eingesetzt werden können. Die Breite der Vertiefungen ist an die Breite der Platten angepaßt. Die Platten werden auf der Haltevorrichtung so angeordnet, daß ihre Oberflächen senkrecht zu dessen Oberfläche angeordnet sind. Die Unterseite der Haltevorrichtung weist eine Zuleitung für Luft auf. Im Inneren der Haltevorrichtung befindet sich eine Verteilerkammer, in welche die Luft einströmen kann. Die Vertiefungen zur Aufnahme der Platten sind zur Verteilerkammer hin geöffnet. Die Platten mit den Brennstoffzellen werden so in die Vertiefungen eingesetzt, daß die Hohlräume mit ihren Öffnungen der Verteilerkammer zugewandt sind. Hierdurch ist es möglich, daß die in die Verteilerkammer einströmende Luft durch die Hohlräume der Platten strömen kann.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. Die Erfindung wird nachfolgend anhand von schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigt

Fig. 1 Eine Platte mit mehreren Brennstoffzellen,

Fig. 2 die Beschichtungsschritte zur Ausbildung von Brennstoffzellen auf einer Platte,

Fig. 3 eine Variante der in Fig. 1 gezeigten Platte,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Platte,

Fig. 5 eine vierte Variante der Platte,

Fig. 6 ein Modul mit mehreren Brennstoffzellenanordnungen.

Fig. 1 zeigt eine Brennstoffzellenanordnung 1, die einen flächigen, als Platte ausgebildeten Träger umfaßt, auf dem sechs Brennstoffzellen 10 angeordnet sind. Die Platte 2 ist aus einem porösen keramischen Material gefertigt. Die Herstellung der Platte 2 kann mittels Schlickergußverfahren oder Extrusionsverfahren erfolgen. Als keramisches Material eignet sich sehr gut Zirkoniumoxid, das mit Kalziumoxid oder Magnesiumoxid stabilisiert ist. Der Anteil an Kalziumoxid bzw. Magnesiumoxid beträgt ca. 15 Mol.% bezogen auf das molare Gesamtgewicht des verwendeten keramischen Materials. Anstelle von stabilisiertem Zirkoniumoxid kann auch Magnesium-Aluminiumspinell (MgAl_2O_3) verwendet werden. Andere temperatur- und korrosionsbeständige keramische Werkstoffe können ebenfalls verwendet werden, sofern ihr theoretischer Ausdehnungskoeffizient bei 1000°C ebenfalls in der Nähe von 10 bis $11 \times 10^{-6} \text{ Grad}^{-1}$ liegt, wie es bei den oben genannten Werkstoffen der Fall ist. Die als Träger dienende Platte 2 muß zusätzlich eine definierte Porosität aufweisen, die bei 35 bis 45% bezogen auf die theoretische Dichte des keramischen Werkstoffs liegen soll. Um dies zu erreichen, werden der Schlicker- bzw. Extrusionsmasse geeignete Porenbildner zugesetzt. Hierfür eignen sich Treibmittel in Form von Polyalkoholen oder Ammoniumbikarbonat. Diese Porenbildner werden beim Sintern der Keramik unter Bildung der Poren thermisch zersetzt. Die gasförmigen Rückstände entweichen beim Sintervorgang verdampft. Das Sintern der Platte erfolgt bei 1300 bis 1600°C . Die so gebildete Platte 2 ist vollständig gasdurchlässig. Erfindungsgemäß können bestimmte Bereiche der Platte 2, die gasdicht sein sollen, durch eine isolierende Glasur aus Sinterglaskeramik oder durch eine Schicht aus $\text{La}_{1-x}(\text{Sr})_x\text{CrO}_3$ oder $\text{LaMg}_x\text{Cr}_{1-x}\text{O}_3$ abgedichtet werden. Dies gilt insbesondere für die seitlichen Kantenbereiche $2R$ der Platte. Die Platte 2 weist in ihrem Inneren Hohlräume 3 auf, die in definiertem Abstand voneinander angeordnet sind. Die Hohlräume 3 erstrecken sich zwischen zwei zueinander parallel verlaufenden Seitenkanten $2A$ und $2B$ der Platte 2. Die Hohlräume sind in ihren beiden Enden offen. Die Länge der Hohlräume 3 wird durch den Abstand zwischen den beiden Seitenkanten $2A$ und $2B$ der Platte bestimmt. Sie beträgt 10 bis 100 cm. Die Breite der Hohlräume 3 beträgt 5 bis 20 mm. Die Hohlräume 3 weisen einen rechteckigen Querschnitt mit einer Fläche von 10 und 100 mm^2 auf. Die Dicke der Platte 2 selbst beträgt 5 bis 15 mm. Die Wandstärken der Platten 2 nach außen und zwischen den Hohlräumen 3 betragen 1 bis 5 mm. Die Hohlräume 3 sind so bemessen, daß Kühleinrichtungen (hier nicht dargestellt) in sie integriert werden können.

Auf beiden Oberflächen $2S$ und $2T$ der Platte 2 sind jeweils drei Brennstoffzellen 10 angeordnet. Jede dieser Brennstoffzellen 10 wird durch eine Kathode 11, einen Festelektrolyten 12 und eine Anode 13 gebildet. Die elektrische Verbindung zwischen den Brennstoffzellen 10, die seriell oder parallel verschaltet werden können, erfolgt durch eine elektrisch leitende Schicht 14. Die Kathode 11 einer jeden Brennstoffzelle 10 wird durch eine elektronenleitende Schicht 14 gebildet, die unmittel-

telbar auf die Oberfläche der Platte 2 aufgetragen ist. Beidseitig eines jeden Hohlraums 3 ist auf der Oberfläche der Platte 2 eine Kathode 11 aufgetragen. Die Breite und Länge einer jeden Kathode 11 ist an die Breite und Länge des jeweiligen Hohlraums 3 angepaßt, der sich im Innenbereich der Platte 2 befindet. Die elektrisch leitenden Schichten 14 sind ebenfalls unmittelbar auf die Oberflächen der Platte 2 aufgetragen. Sie erstrecken sich auf den Oberflächen $2S$ und $2T$ der Platte 2 jeweils zwischen den Bereichen zweier Hohlräume 3. Die Kathode 11 einer jeden Brennstoffzelle 10 ist so auf die Oberfläche der Platte 2 aufgetragen, daß sie mit einem Randbereich $11R$ unmittelbar auf einer elektrisch leitenden Schicht 14 aufliegt. Hierdurch wird eine elektrisch leitende Verbindung zur benachbarten Brennstoffzelle 10 hergestellt. Die elektrisch leitenden Schichten 14 sind aus einem gasdichten Material gefertigt und etwa $50 \mu\text{m}$ dick. Vorzugsweise wird zur Ausbildung der elektrisch leitenden Schichten 14 $\text{La}_{2-x}(\text{MgSr})_x\text{CrO}_3$ oder $\text{LaMg}_x\text{Cr}_{1-x}\text{O}_3$ verwendet. Die Schichten 14 werden aus einer Suspension durch Siebdruck abgeschieden und anschließend bei einer Temperatur größer/gleich 1300°C gesintert, oder durch "Electrochemical Vapor Disposition" aufgebracht. Zur Erhöhung der Leitfähigkeit der Schichten 14 können diese zusätzlich mit einer Schicht aus Ni-ZrO_2 -Cermet überzogen werden. Die als Kathode 11 dienenden Schichten sind gasdurchlässig und werden vorzugsweise aus $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ Suspension mittels Siebdruck auf die Oberfläche der Platte 2 und auf den Randbereich $14A$ der Schichten 14 aufgetragen und anschließend ebenfalls bei einer Temperatur von größer/gleich 1300°C gesintert. Ein Auftragen der Schichten mittels Pymaspritzen ist ebenfalls möglich. Die als Kathoden dienenden Schichten 11 sind etwa 0,2 bis 1 mm dick. Auf die Kathode 11 einer jeden Brennstoffzelle 10 ist ein Festelektrolyt in Form einer Schicht 12 aufgetragen. Der Festelektrolyt 12 überdeckt die Kathode 11 vollständig und ist mit einem Randbereich $12A$ unmittelbar auf die Oberfläche der Platte 2 aufgetragen, und zwar zwischen der elektrisch leitenden Schicht 14, welche die Verbindung zur ersten benachbarten Brennstoffzelle 10 herstellt, und der Kathode 11, die zur gleichen Brennstoffzelle 10 gehört, wie dieser Festelektrolyt 12. Der zweite Randbereich $12B$ des Festelektrolyten 12 ist auf der elektrisch leitenden Schicht 14 angeordnet, welche die Verbindung zur zweiten benachbarten Brennstoffzelle 10 herstellt. Die Festelektrolyte 12 der Brennstoffzellen 10 sind aus einem gasdichten Werkstoff gefertigt und weisen eine Dicke zwischen 50 und $100 \mu\text{m}$ auf. Zur Ausbildung des Festelektrolyten 12 wird $\text{ZrO}_2(0,92)(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,08}$ verwendet. Die Schichten 12 werden aus einer Suspension oder mittels "Electrochemical Vapor Disposition" (ECVD) abgeschieden. Nach dem Abscheiden aus der Suspension werden sie bei einer Temperatur von größer/gleich 1300°C gesintert. Auf jeden Festelektrolyten 12 einer Brennstoffzelle 10 ist eine Anode 13 aufgetragen, die den Festelektrolyten 12 teilweise überdeckt. Ein Randbereich $13A$ der Anode 13 ist auf den Randbereich $14B$ einer elektrisch leitenden Schicht 14 aufgetragen, welche die elektrisch leitende Verbindung zwischen dieser Brennstoffzelle 10 und der zweiten nicht mit der Kathode 11 dieser Brennstoffzelle 10 verbundenen Brennstoffzelle 10 herstellt. Die Schichten 13, welche die Anoden bilden, sind aus Ni-ZrO_2 -Cermet gefertigt. Sie sind porös und etwa 50 bis $100 \mu\text{m}$ dick. Das Auftragen der Schichten 13 erfolgt ebenfalls aus einer Suspension und anschließender Sinterung bei einer Temperatur von größer/gleich 1000°C in einer

reduzierten Atmosphäre. Wie anhand von Fig. 2 zu sehen ist, sind jeweils zwei benachbarte Brennstoffzellen 10 über eine elektrisch leitende Schicht 14 miteinander verbunden, wobei einmal die Kathode 11 der einen Brennstoffzelle 10 und einmal die Anode 13 der zweiten Brennstoffzelle 10 mit dieser elektrisch leitenden Schicht 14 in elektrisch leitendem Kontakt steht. Zur elektrisch leitenden Verbindung zwischen zwei benachbarten Brennstoffzellen 10, die auf zwei unterschiedlichen Oberflächen 2S und 2T der Platte 2 angeordnet sind, ist eine elektrisch leitende Schicht 14 über den gesamten Randbereich 2R der Platte 2 aufgetragen. Da die elektrisch leitenden Schichten 14 gasundurchlässig sind, erfüllen sie gleichzeitig die Funktion einer abdichtenden Schicht, die ansonsten auf diese Randbereiche 2R aufzutragen ist, falls die Schichten 14 nur bereichsweise aufgetragen sind.

Beim Betrieb der Brennstoffzellenanordnung 1 wird durch die Hohlräume 3 Luft geleitet. Diese gelangt durch das poröse Material des Trägers 2 zu den Kathoden 11 der Brennstoffzellen 10. Dort werden die Sauerstoffmoleküle in Sauerstoffionen umgesetzt. Diese wandern dann von der Kathode 11 durch den Festelektrolyten 12 zur Anode 3. An den Außenflächen der Anoden 13 wird der gasförmige bzw. vergaste Brennstoff vorbeigeleitet. An der Grenzfläche zwischen jedem Festelektrolyten 12 und jeder Anode 13 kommt es zu einer Verbindung zwischen den Sauerstoffionen und dem der Anode zugeführten Brennstoff, wobei Elektronen freigesetzt und ein Reaktionsprodukt gebildet wird. Wird als Brennstoff Wasserstoff verwendet, so entsteht als Reaktionsprodukt Wasser. Die bei der Reaktion freierwerden Elektronen laden die Anode 13 negativ auf und fließen über einen elektrisch Verbraucher zur positiv geladenen Kathode.

Die Herstellung der Schichten 11, 12 und 13, welche die Kathode, den Festelektrolyten und die Anode einer jeden Brennstoffzelle 10 bilden, wird anhand von Fig. 2 in acht Verfahrensschritten erläutert. Fig. 2 zeigt einen Teilbereich der als Träger dienenden Platte 2. Die Herstellung der Brennstoffzellen wird nur an einer einseitigen Beschichtung der Platte 2 erläutert. Zunächst wird auf die Oberfläche der Platte 2 im Bereich der Hohlräume 3 jeweils eine Maske 40 aufgetragen, deren Breite und Länge an die Breite und Länge der Hohlräume 3 angepaßt ist. Zur Ausbildung der Masken werden filmbildende organische oder anorganische Substanzen verwendet, die sich wieder von der Oberfläche der Platte 3 lösen lassen. Die Masken 40 werden so angeordnet, daß auf der Oberfläche der Platte 2 zwischen den Bereichen der Hohlräume 3 jeweils ein Streifen von 5 bis 8 mm frei bleibt. Dieser nicht maskierte Streifen wird dann mit dem Werkstoff beschichtet, der die elektrisch leitende Schicht 14 bildet. Anschließend werden die Masken 40 wieder entfernt. Es folgt das Aufbringen einer weiteren Maske 41, welche die Hälfte der Schicht 14 überdeckt und zusätzlich über eine Breite von 1 bis 3 mm unmittelbar auf die Oberfläche der Platte 2 aufgetragen ist. Anschließend werden im Bereich der Hohlräume 3 die Schichten 11 aufgetragen, welche die Kathoden bilden. Mit dem Kathodenmaterial werden alle Flächen bis auf den mit der Maske 41 abgedeckten Bereich beschichtet. Die Beschichtung mit dem Kathodenmaterial erfolgt derart, daß Kathoden 11 mit den oben beschriebenen Abmessungen ausgebildet werden. Anschließend werden die Masken 41 entfernt. Auf der Oberfläche der Platte 2 sind nunmehr eine elektrisch leitende Schicht 14 und zwei Kathoden 11 aufgetragen. Es werden nunmehr

weitere Masken 42 aufgetragen, und zwar auf der Oberfläche der elektrisch leitenden Schichten 14. Mit den Masken 42 wird etwa die Hälfte der noch frei bleibenden Oberfläche der jeweiligen elektrisch leitenden Schicht 14 abgedeckt. Anschließend werden Schichten 12 aufgetragen, welche die Festelektrolyten der Brennstoffzellen 10 bilden. Nach dem Entfernen der Masken 42 zeigt die Oberfläche des Trägers 2 eine Struktur mit einer elektrisch leitenden Schicht 14, zwei Kathoden 11 und zwei Festelektrolyten 12. Zur Ausbildung der Anoden 13 wird eine weitere Maske 43 ausgebildet. Diese wird auf dem Randbereich 12B des Festelektrolyten 12 angeordnet, der auf der elektrisch leitenden Schicht 14 angeordnet ist. Anschließend werden alle freibleibenden Flächen mit anodischem Material zur Ausbildung der Anoden 13 beschichtet, derart, daß jede Brennstoffzelle 10 mit einer die oben beschriebenen Abmessungen aufweisenden Anode 13 versehen ist. Anschließend wird die Maske 43 entfernt. Damit ist die Ausbildung der Brennstoffzellen 10 abgeschlossen. Da die elektrisch leitenden Schichten 14, welche die Brennstoffzellen 10 elektrisch leitend verbinden, ebenfalls schon vorhanden sind, ist eine serielle oder parallele Verschaltung der Brennstoffzellen, je nach Bedarf, auf einfache Weise möglich.

Die Fig. 3, 4 und 5 zeigen mögliche Ausführungsformen von Brennstoffzellenanordnungen 1. Insbesondere werden hier Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Hohlräume 3 innerhalb der Platte 2 ausgebildet und gegeneinander abgegrenzt werden können. Bei allen Ausführungsformen wird eine Begrenzungsfläche eines jeden Hohlraums 3 durch die Plattenoberfläche 2S, 2T mitgebildet. In den Bereichen der Hohlräume können auf den Oberfläche 2S, 2T Brennstoffzellen 10 in der oben beschriebenen Art und Weise ausgebildet werden. Auch hierbei ist es möglich zwei benachbarte Brennstoffzellen 10 über eine elektrisch leitende Schicht 14 zu verbinden. Bei der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform der Platte 2 besteht die Möglichkeit, durch die Hohlräume 30 kalte Luft für die Kühlung zu leiten.

Fig. 6 zeigt einen Modul 20, der zur Aufnahme mehrerer Brennstoffzellenanordnungen 1 geeignet ist. Hierfür ist eine Haltevorrichtung 20T des Moduls 20 mit Vertiefungen 21 versehen, deren Abmessungen an die Abmessungen der seitlichen Randbereiche 2A bzw. 2B der Platten 2 angepaßt sind. Hierdurch ist es möglich, in jede Vertiefung 21 eine Platte 2 so einzusetzen, daß die Oberfläche der Platte 2 senkrecht zur Oberfläche der Haltevorrichtung 20T angeordnet ist. Die Haltevorrichtung 20T ist als quaderförmiger Körper ausgebildet, der in seinem Inneren eine Verteilerkammer 22 aufweist. Jede Vertiefung 21 steht mit mindestens einer, vorzugsweise mehreren Öffnungen (hier nicht dargestellt), mit der Verteilerkammer 22 in Verbindung. Die Verteilerkammer 22 ist mit einer Zuleitung 23 versehen, über welche Luft in die Verteilerkammer 22 eingeleitet werden kann. Da die Platten 2 so in die Vertiefungen 21 eingesetzt sind, daß die Hohlräume 3 mit ihren Öffnungen der Verteilerkammer 22 zugewandt sind, kann die in die Verteilerkammer 22 eingeleitete Luft in die Hohlräume 3 der Platten 2 einströmen. Die Luft, welche nicht durch das poröse Material der Platten zu den Kathoden der Brennstoffzellen 10 strömt, kann am zweiten offenen Ende der Hohlräume 3 aus den Platten 2 ausströmen. Die auf der Haltevorrichtung 20 angeordneten Brennstoffzellen 10 können parallel oder seriell miteinander verschaltet werden.

Erfindungsgemäß besteht die Möglichkeit, die Brennstoffzellenanordnung 1 auch so auszubilden, daß die An-

ordnung der Anoden 13 und der Kathoden 11 vertauschbar ist, d. h. die Kathoden 11, die außenliegenden Elektroden bilden und die Anoden 13 direkt auf die Platte 2 aufgetragen sind. In diesem Fall wird der gasförmige bzw. vergaste Brennstoff durch die Hohlräume 3 geleitet und die Luft außen vorbeigeführt.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenanordnung mit einem Träger (2), auf dem eine Brennstoffzelle (10) angeordnet ist, die eine Anode (13), eine Kathode (11) und einen 10 ionenleitenden Festelektrolyten (12) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) als poröse Platte ausgebildet ist, auf deren Oberflächen (2S, 2T) vorzugsweise mehrere Brennstoffzellen (10) angeordnet sind.
2. Brennstoffzellenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (2) im Inneren wenigstens einen, vorzugsweise mehrere nach außen geöffnete Hohlräume (3) aufweist, und daß sich 20 die Hohlräume (3) zwischen zwei parallel zueinander verlaufenden Seitenkanten (2A, 2B) der Platte (2) erstrecken und in definiertem Abstand voneinander angeordnet und gegeneinander abgegrenzt sind.
3. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (2) aus einem korrosionsbeständigen porösen keramischen Werkstoff gefertigt ist, der bei 30 1000°C einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $(10 \text{ bis } 11 \times 10^{-6}) \text{ Grad}^{-1}$ aufweist, und daß die Porosität der Platte (2) 35 bis 45% bezogen auf die theoretische Dichte beträgt.
4. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (2) aus einem Magnesium-Aluminiumspinell (MgAl_2O_4) oder aus Zirkoniumoxid gefertigt ist, das durch Zusatz von 15 Mol.% Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid stabilisiert ist.
5. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzellen (10) im Bereich der Hohlräume (3) angeordnet sind, und daß Kathoden (11) der Brennstoffzellen (10) auf die Oberflächen (2A, 2T) der Platte (2) aufgetragen sind, und daß die Abmessungen der Kathoden (11) auf die Länge und Breite der Hohlräume (3) abgestimmt sind.
6. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (11) und die Anode (13) zweier benachbarter Brennstoffzellen (10) über eine elektrisch leitende Schicht (14) miteinander verbunden sind, die unmittelbar auf die Oberfläche der Platte (2) aufgetragen ist.
7. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Anode (13) und der Kathode (11) einer jeder Brennstoffzelle (10) ein Festelektrolyt (12) angeordnet ist, der bündig an die Anode (13) und die Kathode (11) anschließt.
8. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß jede Kathode (11) aus $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ mit einer Dicke von 0,2 bis 1 mm gefertigt ist, die durch Plasmaspritzen oder Siebdruck auf die Oberfläche der Platte (2) aufgetragen ist, und daß jeweils ein Randbereich (11R) der Kathode (11) auf dem Randbereich (14A) einer ebenfalls auf der Platte (2) aufge-

tragenen elektrisch leitenden Schicht (14) angeordnet ist.

9. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Festelektrolyt (12) einer jeden Brennstoffzelle (10) in Form einer 50 bis 100 µm dicken Schicht aus $(\text{ZrO}_2)_{0,92}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0,08}$ gebildet ist, die mittels ECVD-Verfahren oder aus einer Suspension aufgetragen ist, daß der Festelektrolyt (12) die Kathode (11) vollständig überdeckt, und mit dem ersten Randbereich (12A) unmittelbar auf die Platte (2) und mit dem zweiten Randbereich (12B) auf eine elektrisch leitende Schicht (14) aufgetragen ist.

10. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode (13) aus einer Schicht aus Ni-ZrO₂-Cermet besteht, die eine Dicke von 50 bis 100 µm aufweist und auf die Oberfläche des Festelektrolyten (12), einer jeden Brennstoffzelle (10) aufgetragen ist, und daß ein Randbereich (13A) der Anode (13) auf die elektrisch leitende Schicht (14) aufgetragen ist, die die Brennstoffzelle (10) mit einer zweiten benachbarten Brennstoffzelle (10) verbindet.

11. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils zwei benachbarte Brennstoffzellen (10) elektrisch verbindenden Schichten (14) in einer Dicke von 50 µm auf die Platte (2) aufgetragen und aus $\text{La}_{1-x}(\text{Sr})_x\text{CrO}_3$ oder $\text{LaMa}_x\text{Cr}_{1-x}\text{O}_3$ gefertigt sind, und daß die Schichten (14) zur Erhöhung ihrer elektrischen Leitfähigkeit teilweise oder ganz mit einer Schicht auch Nickel oder Nickel-Zirkoniumoxid-Cermet überzogen sind.

12. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in den Begrenzungswänden der Hohlräume (3), die sich im Inneren der Platte (2) erstrecken, Kühleinrichtungen angeordnet sind.

13. Brennstoffzellenanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungswände der Hohlräume (3) in der Platte (2) durch Plattenkühler gebildet sind.

14. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (2) eine Dicke von 5 bis 10 mm aufweist, daß die Begrenzungsflächen der Platte (2) 1 bis 2 mm dick sind, und daß jede Platte (2) eine Oberfläche von 100 und 10000 cm² aufweist.

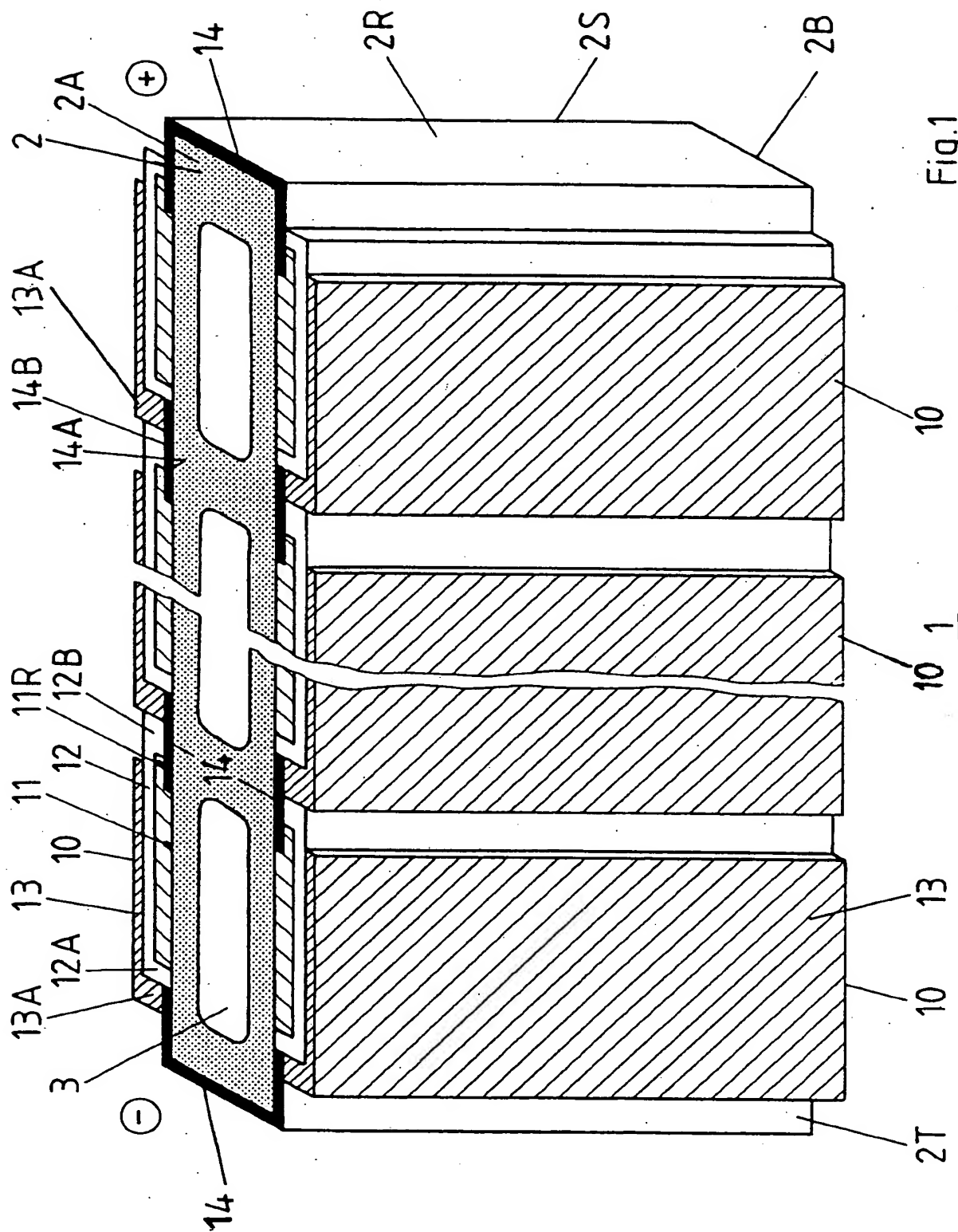
15. Brennstoffzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume (3) eine Länge von 10 bis 100 cm und eine Breite von 5 bis 20 mm aufweisen.

16. Brennstoffzellenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine quaderförmige Haltevorrichtung (20T) zur Bildung eines Moduls (20) vorgesehen ist, die mit Vertiefungen (21) ausgebildet ist, in die Brennstoffzellenanordnungen (1) einsetzbar sind, daß die Haltevorrichtung (20T) im Innenbereich eine Verteilerkammer (23) aufweist, in die über eine Zuleitung (23) Luft einleitbar ist, daß die Vertiefungen (21) über eine oder mehrere Öffnungen mit der Verteilerkammer (22) in Verbindung stehen, und daß die in der Verteilerkammer (22) enthaltene Luft in die Hohlräume (3) der Platten (2) einleitbar ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

THIS PAGE BLANK (USPTO)



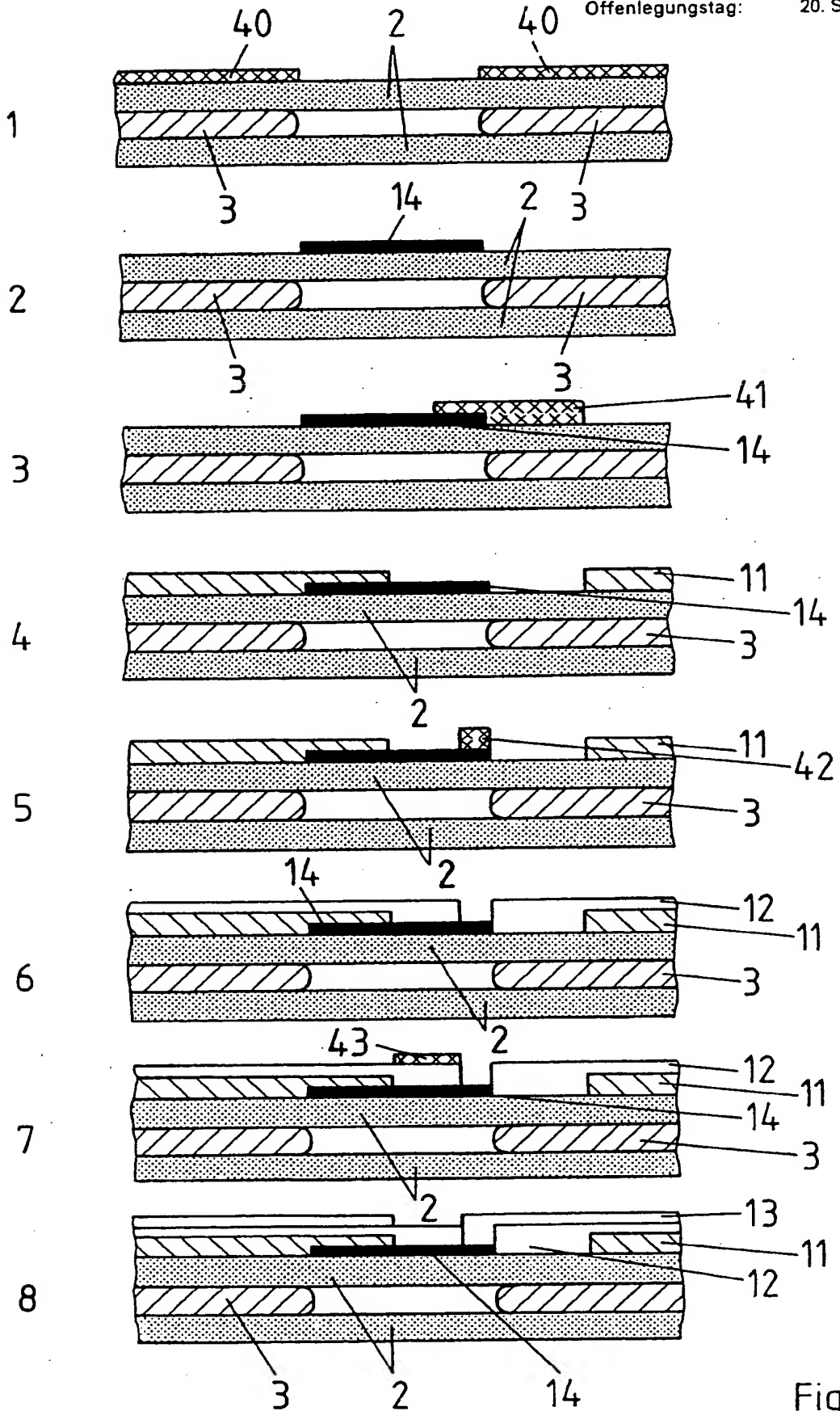


Fig. 2

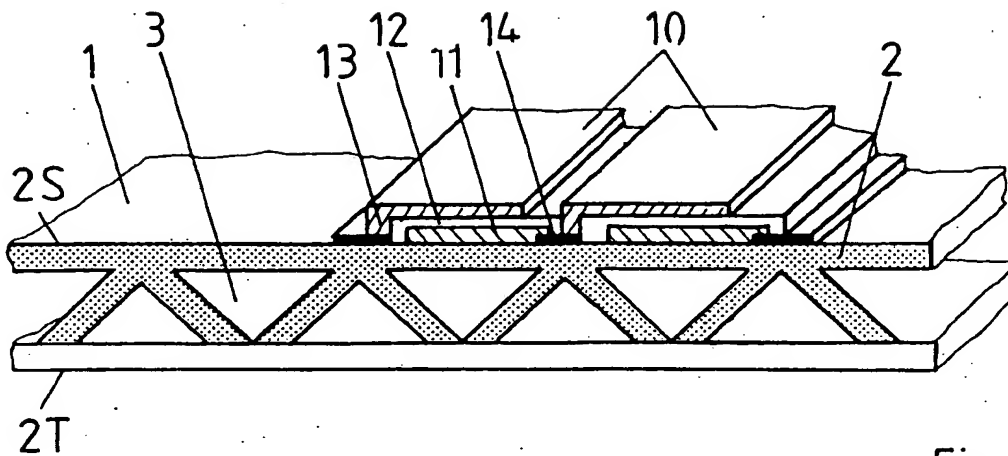


Fig. 3

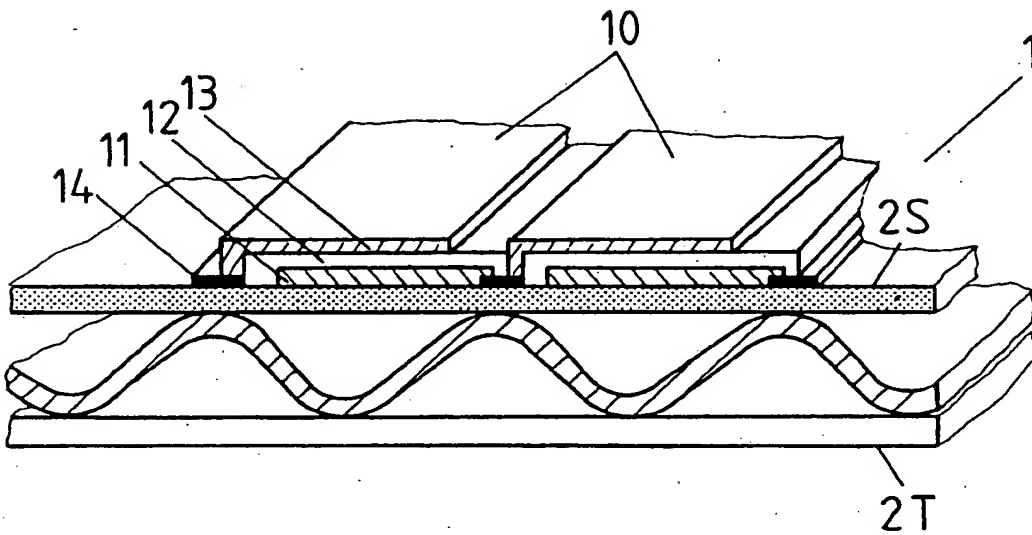


Fig. 4

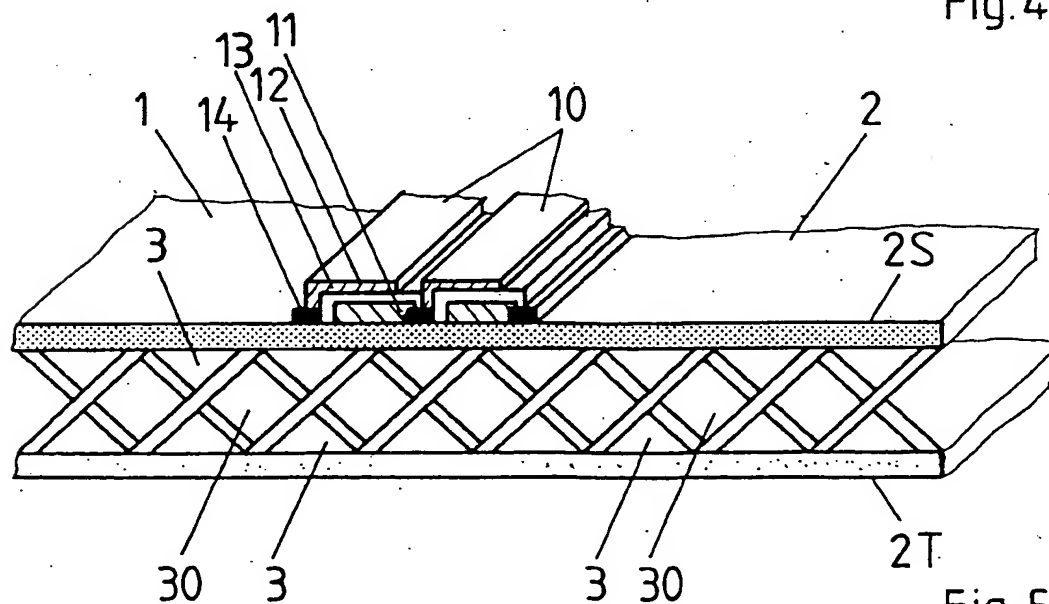


Fig. 5

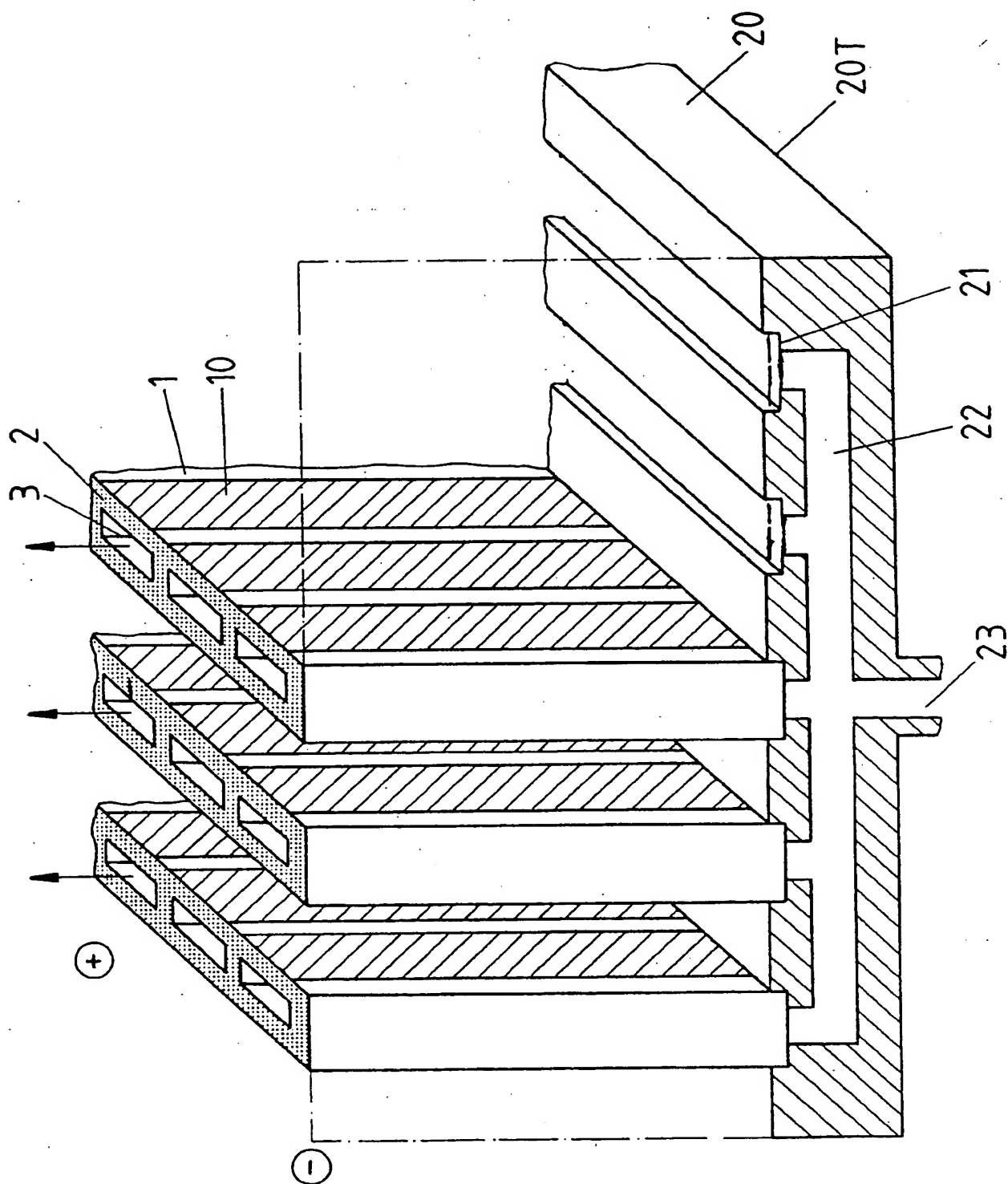


Fig. 6